

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI dan SINGKATAN .....	xi
INTISARI .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah dan Batasan Masalah .....	3
I.3 Kebaruan Penelitian.....	5
I.4 Tujuan Penelitian.....	10
I.5 Manfaat Penelitian .....	10
BAB II.....	11
TINJAUAN PUSTAKA .....	11
II.1 Tinjauan Pustaka.....	11
II.1.1 Pemanfaatan limbah silika <i>geothermal plant</i> sebagai prekursor natrium silikat .....	11
II.1.2 Hidrogel berbasis selulosa dari <i>Sodium Carboxymethylcellulose</i> (CMCNa) .....	13
II.1.3 Sintesis hidrogel berbasis selulosa dari CMCNa dengan penguat silika ....	16
II.1.4 Uji Kapasitas Ekspansi ( <i>Swelling Ratio</i> ) Hidrogel .....	20
II.1.5 <i>Response Surface Methodology</i> (RSM) .....	21
II.2 Landasan Teori .....	24
II.2.1 Mekanisme reaksi sintesis hidrogel .....	24
II.2.2 Faktor yang mempengaruhi sintesis pembentukan hidrogel .....	27
II.2.3 Pengaruh penambahan natrium silikat terhadap kapasitas ekspansi ( <i>swelling</i> ) dari hidrogel.....	29

II.2.4	Kinetika <i>swelling</i> dari hidrogel.....	30
II.2.5	<i>Response Surface Methodology</i> (RSM) .....	31
II.3	Hipotesis.....	33
BAB III	.....	34
METODE PENELITIAN	.....	34
III.1	Bahan Penelitian .....	34
III.2	Peralatan Penelitian.....	34
III.3	Prosedur Penelitian .....	35
III.3.1	Perlakuan Silika sebelum Proses Sintesis.....	36
III.3.2	Sintesis CMCNa, natrium silikat dengan <i>crosslinker agent</i> asam sitrat .36	
III.3.3	Uji Karakterisasi .....	37
III.3.4	Variabel Penelitian .....	39
III.3.5	Analisis Data.....	40
BAB IV	.....	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	41
IV.1	Karakterisasi Bahan Baku dan Hidrogel.....	41
IV.2	Profil <i>Swelling</i> Hidrogel ( <i>Swelling Ratio</i> ) .....	51
IV.3	Model Kinetika <i>Swelling</i> Hidrogel.....	61
IV.4	Kekuatan Mekanis Hidrogel.....	65
BAB 5	.....	69
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	69
V.1	Kesimpulan.....	69
V.2	Saran .....	69
DAFTAR PUSTAKA	.....	70
LAMPIRAN	.....	77

Gambar 1. 1 Silika <i>Scaling</i> pada Instalasi Pipa .....	1
Gambar 1. 2 Peta Sebaran <i>Geothermal Plant</i> di Indonesia .....	2
Gambar 2.1. 1 Ilustrasi Proses pada Geothermal Plant .....	13
Gambar 2.1. 2 Struktur Molekul CMC.....	15
Gambar 2.1. 3 Struktur Molekul CMCNa .....	15
Gambar 2.1. 4 Reaksi Pembentukan Hidrogel berbasis CMC – HEC dan Asam Sitrat .	16
Gambar 2.1. 5 Reaksi Pembentukan Hidrogel berbasis CMCNa dan Natrium Silikat...	17
Gambar 2.1. 6 Ilustrasi Plot Permukaan Respon .....	21
Gambar 2.1. 7 Geometrik CCD dengan Beberapa Faktor.....	23
Gambar 2.1. 8 Rancangan Geometrik BBD dengan Tiga Faktor .....	24
Gambar 3. 1 Rangkaian Alat Sintesis CMCNa, Natrium Silikat dengan crosslinker agent Asam Sitrat .....	34
Gambar 3. 2 Flowchart Prosedur Kinerja Preparasi Limbah Silika Geotermal menjadi Larutan Natrium Silikat.....	35
Gambar 3. 3 Flowchart Prosedur Kinerja Sintesis Hidrogel CMCNa dan Natrium Silikat dengan crosslinker agent Asam Sitrat .....	35
Gambar 3. 4 Algoritma Perhitungan Nilai $K_A$ dengan Menggunakan Simulasi Matlab.	40
Gambar 4. 1 Hasil Spektrum Absorbansi FTIR Sebelum dan Sesudah Proses Aging pada Sampel H4 (SG:AS = 7%:2,5%).....	41
Gambar 4. 2 Sampel Hidrogel a) Sebelum Proses Aging; b) Setelah Proses Aging selama 8 Jam.....	43
Gambar 4. 3 Perbandingan Hasil Spektrum Absorbansi FTIR Sampel H0-C (Tanpa Penambahan SG) dan H4 (Dengan Penambahan SG).....	44
Gambar 4. 4 Hasil Morfologi Permukaan Sampel Perbesaran 1000x pada Sampel a) H0-A (SG:AS = 0%:1,5%); b) H1 (SG:AS = 3%:1,5%); c) H4 (SG:AS = 7%:2,5%) .....	47
Gambar 4. 5 Hasil Distribusi Komposisi Unsur pada H0-A (SG:AS = 0%:1,5%); a) <i>Pointing</i> ; b) <i>Mapping</i> Unsur C, O, Na; c) <i>Mapping</i> Unsur C; d) <i>Mapping</i> Unsur O; e) <i>Mapping</i> Unsur Na;.....	48
Gambar 4. 6 Hasil Distribusi Komposisi Unsur pada H1 (SG:AS = 3%:1,5%) a) <i>Pointing</i> ; b) <i>Mapping</i> Unsur C, O, Na, Si; c) <i>Mapping</i> Unsur C; d) <i>Mapping</i> Unsur O; e) <i>Mapping</i> Unsur Na; f) <i>Mapping</i> Unsur Si.....	49

Gambar 4. 7 Hasil Distribusi Komposisi Unsur pada H4 (SG:AS = 7%:2,5%) a) <i>Pointing</i> ;	
b) <i>Mapping</i> Unsur C, O, Na, Si; c) <i>Mapping</i> Unsur C; d) <i>Mapping</i> Unsur O; e) <i>Mapping</i>	
Unsur Na; f) <i>Mapping</i> Unsur Si.....	50
Gambar 4. 8 Hasil Spektrum Raman pada Sampel H1 (SG:AS = 3%:1,5%).....	51
Gambar 4. 9 Tampilan Visual Hidrogel saat Uji Perendaman pada sampel 1) H1 dan 2)	
H5 : a) Sebelum Perendaman; b) 1 Jam Perendaman (108x dan 229x <i>Swelling</i> ) ; c) 24	
Jam Perendaman (150x dan 217x <i>Swelling</i> ).....	53
Gambar 4. 10 Profil Nilai <i>Swelling Ratio</i> (SR) terhadap Waktu dengan Variasi	
Penambahan Silika Geotermal (SG) pada Berbagai Rasio AS/CMCNa (a) 1,5%; (b) 2%;	
(c) 2,5% .....	56
Gambar 4. 11 Profil Nilai <i>Swelling Ratio</i> (SR) terhadap Waktu dengan Variasi Asam	
Sitrat (AS) pada Rasio SG/CMCNa 5% .....	58
Gambar 4. 12 Ilustrasi Skema Degradasi Hidrolisis pada Hidrogel (a) Kondisi Awal; (b)	
Kondisi Terdegradasi .....	58
Gambar 4. 13 Hasil Analisis RSM (a) Diagram Pareto; (b) Plot Kontur dari SR24; (c)	
Optimasi SR24 .....	60
Gambar 4. 14 Perbandingan Hasil Aktual <i>Swelling Ratio</i> RSM Optimum dengan H1 dan	
H5 .....	61
Gambar 4. 15 Profil <i>Fitting</i> Hidrogel Model Kinetika Reaksi: (a) Pseudo – First Order	
(PFO); (b) <i>Pseudo – Second Order</i> (PSO) .....	63
Gambar 4. 16 Uji Kuat Tarik dengan Universal Testing Machine (UTM) .....	65
Gambar 4. 17 Hasil Uji Kuat Tarik - <i>Tensile Strength</i> Film Hidrogel dengan Variasi	
SG/AS Tertentu.....	66
Gambar 4. 18 Hasil Uji Kuat Tarik - <i>Elongation at Break</i> Film Hidrogel dengan Variasi	
SG/AS Tertentu.....	66

Tabel 1. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu mengenai Sintesis Hidrogel .....	5
Tabel 2.1. 1 Komposisi Kimia Fluida Termal <i>brine</i> dari Sumur Panas Bumi (Unit 3A – 3B) <i>Geothermal</i> Plant Dieng .....	12
Tabel 2.1. 2 Komposisi Limbah Silika dari PT. Geo Dipa Energi.....	13
Tabel 2.1. 3 Kelebihan dan Kekurangan Desain Metode CCD dan BBD .....	24
Tabel 3. 1 Desain CCD Dua Variabel Independen dengan Dua Level Faktor .....	39
Tabel 4. 1. Perhitungan Hasil Analisis FTIR dengan Metode Relatif (Semi – Kuantitatif) Berdasarkan Pita Serapan pada Sampel H4 (SG:AS = 7%:2,5%) .....	44
Tabel 4. 2 Perhitungan Hasil Analisis FTIR dengan Metode Relatif (Semi – Kuantitatif) Berdasarkan Pita Serapan Sampel H0-C (SG:AS = 0% : 2,5%).....	45
Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Analisis FTIR dengan Metode Relatif (Semi – Kuantitatif) Sampel H0-C (SG:AS = 0% : 2,5%) dan H4 (SG:AS = 7%:2,5%) .....	45
Tabel 4. 4. Hasil <i>Fitting</i> Model Kinetika Reaksi dari Berbagai Sampel Hidrogel .....	62

**DAFTAR NOTASI dan SINGKATAN**

BBD	: <i>Box - Behnken Design</i>
CCD	: <i>Central Composite Design</i>
CMC	: <i>Carboxymethylcellulose</i>
CMCNa	: <i>Sodium Carboxymethylcellulose</i>
RSM	: <i>Response Surface Methodology</i>
SR	: <i>Swelling Ratio</i>
SSE	: <i>Sum Square Error</i>
AS	: Asam sitrat
EB	: <i>Elongation at Break, %</i>
F	: Gaya yang dibutuhkan untuk membuat sampel putus, N
A	: Luas kontak ketika dilakukan uji tarik, mm <sup>2</sup>
W	: Lebar sampel, mm
T	: Tebal sampel, mm
SG	: Silika Geotermal
TS	: <i>Tensile Strength</i>
C <sub>As</sub>	: Konsentrasi Asam Sitrat, (mol/L)
C <sub>C</sub>	: Konsentrasi CMCNa, (mol/L)
C <sub>NS</sub>	: Konsentrasi natrium silikat, (mol/L)
ΔL	: Perubahan panjang dari sampel (ekstensi), mm
L <sub>0</sub>	: Panjang sampel mula – mula, mm
L <sub>t</sub>	: Panjang sampel akhir, mm
n	: Jumlah titik eksperimen
n <sub>0</sub>	: Jumlah titik pusat
n <sub>f</sub>	: Desain faktorial
α	: Faktor aksial
t	: Waktu <i>swelling</i> , jam
m <sub>e</sub>	: Berat hidrogel saat mencapai kesetimbangan, gram
m	: Berat hidrogel pada waktu tertentu, gram
K <sub>A</sub>	: Konstanta laju <i>swelling</i> total, 1/jam atau 1/(gram.jam)
m <sub>1</sub>	: Berat hidrogel setelah penjerapan dengan air, gram
m <sub>0</sub>	: Berat hidrogel kering sebelum penjerapan dengan air, gram